REMOTE STORAGE

Extrait des Archives des Sciences physiques et naturelles
Quatrième période, t. XXVII. — Mai 1909, p. 557 à 592.

TRAVAUX RÉCENTS EXÉCUTÉS A GENÈVE

SUR LA REVISION

DES POIDS ATOMIQUES[1]

PAR

Philippe-A. GUYE

Les résultats numériques des travaux exécutés depuis quelques années au Laboratoire de chimie physique de l'Université de Genève sur la revision des poids atomiques ont déjà été publiés dans divers mémoires[2], avec lesquels le présent exposé ne doit pas faire double emploi. La discussion de ces résultats nu-

[1] Conférence faite à la réunion de la Société suisse de chimie, à Zurich, le 6 mars 1909.

[2] On trouvera la bibliographie générale relative aux travaux exécutés à Genève, dans les mémoires ou articles généraux ci-après : 1° *Nouv. Rech. sur le poids atom. de l'azote* (conférence faite à la Société chimique de France). *Bull. Soc. Chim.*, t. XXXIII, p. I à XLII (1905); *Arch. Sc. phys. nat.* (4), t. XX, p. 231 et 352 (1905); *Rev. gén. des Sc.*, Paris, t. XVI, p. 755 (1905); *Chem. News*, Londres, t. XCII et XCIII (1905 et 1906). 2° *Recherches expérimentales sur les propriétés physico-chimiques de quelques gaz en relation avec les travaux de revision du poids atomique de l'azote*, in-4°, 146 p., Georg et Cᵉ, à Genève, et Gauthier-Villars, Paris, 1908 (tirage à part des *Mém. de la Soc. de phys. et d'hist. nat. Genève*, t. XXXV, p. 548 à 694). D'autres publications, moins générales, seront indiquées plus loin.

mériques est d'ailleurs sans grand objet actuellement, le Comité international des poids atomiques ayant adopté, dans son rapport pour 1909, les valeurs N = 14.01 et Ag = 107.88, que nous avons défendues dès l'année 1905. Nous ne reviendrons donc sur ces valeurs numériques que de façon très sommaire, pensant qu'il sera plus conforme à l'esprit de nos réunions de montrer quelle a été l'origine de nos recherches, quel plan nous avons suivi, quelles méthodes expérimentales nous avons mises en œuvre et dans quelle direction elles sont aujourd'hui poursuivies; enfin, nous terminerons par quelques détails sur la technique expérimentale un peu spéciale que comportent ces recherches. Ces indications, de portée plutôt générale, peuvent être de quelque utilité pour la revision ultérieure d'autres poids atomiques, plus nécessaire aujourd'hui que jamais.

I. — Origine des recherches.

Le point de départ d'une série de travaux de précision est toujours utile à connaître; il permet de porter un jugement plus sain sur la valeur des expériences; il facilite aussi, pour les expérimentateurs futurs, la découverte des causes d'erreur qui auraient pu échapper à l'investigation. Voici donc dans quelles circonstances nous avons été amenés à nous occuper de la révision de quelques poids atomiques.

En 1899-1900, nous avions calculé, M. L. Friderich et moi[1], une table numérique des constantes *a*

[1] Guye et Friderich. *Arch. Sc. phys. nat.* (4) t. 9. p. 505 (1900).

et b de l'équation de van der Waals, pour tous les corps dont on connaissait alors les constantes critiques. On sait que des deux systèmes de valeurs de a et b, l'un est rapporté à une molécule-gramme de chaque corps et suppose, par conséquent, la connaissance du poids moléculaire et, par suite, celle des poids atomiques des éléments constituants.

En ce qui concerne les corps azotés, nous eûmes à faire un choix entre les deux valeurs du poids atomique de l'azote dont on parlait déjà à cette époque.

Tous les chimistes — et le Comité international des poids atomiques en particulier — admettaient, à la suite des travaux de Stas, le nombre $N = 14.04$; quelques physico-chimistes avaient émis l'opinion que la valeur pouvait cependant être voisine de 14.00. En 1895, Rayleigh et Ramsay[1], après avoir comparé soigneusement les densités de l'azote chimique et de l'oxygène, avaient en effet montré que le rapport direct de ces densités, sans aucune correction, conduisait au nombre $N = 14.003$ pour $O = 16$. Peu après, Leduc, appliquant à ce rapport la correction résultant de la *méthode des volumes moléculaires*, concluait que le nombre $N = 14.075$, qu'il avait déduit précédemment de la densité de l'azote atmosphérique, devait être ramené à $N = 14.005$ d'après la densité de l'azote chimique ; c'est ce nombre qui satisfait aussi le mieux à la valeur de la densité du gaz N^2O. D. Berthelot arrivait ensuite à la même conclusion en corrigeant les densités de ces deux gaz, déterminées par Leduc ou

[1] Rayleigh et Ramsay, *Phil. Trans.* A t. 186, p. 187 (1895).

p 285967

Lord Rayleigh et rapportées à l'oxygène, par la méthode des densités-limites.

En revoyant de près ces travaux, l'adoption de cette valeur N = 14.005, nous parut fondée, d'autant plus qu'en comparant à notre tour les densités de l'azote et de l'hydrogène telles qu'elles avaient été déterminées par Leduc, par Rayleigh et par Morley, et en appliquant la correction de la méthode des densités-limites au moyen des mesures de compressibilité de Regnault, nous avions retrouvé, M. Friderich et moi, ce même nombre N = 14.005. Tous nos calculs des constantes *a* et *b* de l'équation de van der Waals, en ce qui concerne les corps azotés, furent donc effectués avec la valeur arrondie N = 14.00.

Malgré la concordance de ces premiers résultats, la Table internationale continuait à paraître avec la valeur classique N = 14.04, ce qui s'explique par la confiance illimitée que l'on accordait alors aux résultats de Stas. Il en était de même de tous les traités de chimie. Cette confiance se justifiait d'ailleurs, soit par le nombre des déterminations de l'illustre chimistre belge, soit par les considérations dont il les avait accompagnées et qu'il est utile de rappeler sommairement.

En effet, Stas n'a pas effectué moins de cinq séries de déterminations du poids atomique de l'azote, à savoir :

Par le rapport	$KCl : KNO_3$,	d'où	N = 14.043
»	$NaCl : NaNO_3$,	»	N = 14.048
»	$LiCl : LiNO_3$,	»	N = 14.046
»	$AgCl : AgNO_3$,	»	N = 14.044
	Moyenne		N = 14.045
Par le rapport	$Ag : AgNO_3$ (1860),	d'où	N = 14.041
»	$Ag : AgNO_3$ (1865),	»	N = 14.042
Moyenne générale			N = 14.044

Dans son mémoire de 1865, Stas considère que cette moyenne est établie avec tellement d'exactitude qu'il calcule la probabilité y des valeurs plus faibles et trouve ainsi :

Pour	N = 14.040	une probabilité	y = 0.31
»	N = 14.030	»	y = 0.0 (35 zéros) 7
»	N = 14.020	»	y = 0.0 (108 zéros) 5
»	N = 14.010	»	y = 0.0 (209 zéros) 1
»	N = 14.000	»	y = 0.0 (370 zéros) 9

Il conclut que si le nombre 14.040 a encore pour lui 3 chances sur 10, la valeur 14.03 est « *très improbable* » ; quant au nombre 14.02, il le considère déjà comme « *matériellement impossible* » [1].

D'autre part, en ce qui concerne le poids atomique de l'argent, dont dépend celui de l'azote, Ostwald, qui en avait fait précédemment la revision numérique [2] d'après les données de Stas, avait conclu que « ce poids atomique *ne devait présenter aucune erreur systématique* », résultat qui semblait confirmé par les calculs méthodiques de F.-W. Clarke [3].

Quelques doutes avaient cependant été émis sur l'exactitude de ces nombres ; mais, ainsi qu'on peut le voir dans la discussion détaillée qu'en faisait en 1904 Th.-W. Richards [4], les chimistes regardaient encore le nombre Ag = 107.93 comme ayant la valeur d'un étalon ; en ce qui concerne l'azote, Richards admettait

[1] Stas. *Œuvres*, etc. Bruxelles, 1894, t. I, p. 417, 441, 731 et 814.

[2] Ostwald. *Lehrb. d. allg. Chem.*, 2e éd. (1891), t. I, p. 37.

[3] F.-W. Clarke. *Recalculation of the atomic Weights*, Washington (1897), p. 54.

[4] Th.-W. Richards. *Proc. Am. Phil. Soc.*, t. XLII, p. 116. Reprod. dans *Exper. Unters. u. Atomgew.* Hambourg, 1908, p. 669.

tout au plus que « la valeur exacte était comprise entre 14.04 et 14.02, *mais plus rapprochée du premier de ces nombres* ».

Comme les calculs physico-chimiques dont on avait déduit le nombre N = 14.005 donnaient des résultats satisfaisants avec plusieurs gaz autres que les gaz azotés, on se trouvait ainsi placé devant le dilemme suivant : ou bien la valeur N = 14.04 (ou un nombre très voisin) est exacte et les méthodes physico-chimiques sont en défaut dans le cas des deux gaz azotés N_2 et N_2O auxquels on les a appliquées et le seront probablement aussi avec d'autres gaz ; ou bien, au contraire, la valeur classique N = 14.04 est fautive, et ce sont les méthodes physico-chimiques qui donnent la valeur exacte.

Il n'y avait qu'un moyen d'élucider cette question : entreprendre un double travail ayant pour but, d'une part de contrôler dans un plus grand nombre de cas, et notamment avec les gaz azotés les plus simples, les méthodes physico-chimiques et, d'autre part, de vérifier à nouveau, par une méthode chimique aussi directe que possible, le poids atomique de l'azote.

C'est ce double travail que je décidai d'entreprendre lorsque j'eus constaté qu'aucune contribution nouvelle n'était apportée qui permît de faire un choix définitif et objectif entre les deux valeurs entre lesquelles il fallait se prononcer pour le poids atomique de l'azote. Ce travail était trop vaste pour que je l'entreprisse seul ; je trouvai des collaborateurs aussi dévoués qu'éclairés parmi les jeunes savants qui séjournèrent depuis cette époque dans mon laboratoire. Aussi est-ce pour moi un agréable devoir de remercier à cette occasion MM. Jaquerod, Bogdan, Pintza, Davila, Perrot, Briner,

Gazarian, Scheuer, Baume et Fluss, pour l'aide précieuse qu'ils m'ont donnée au cours de ces déterminations délicates.

Il convient d'ajouter que diverses recherches expérimentales, effectuées parallèlement à celles poursuivies à Genève, dues principalement à Rayleigh, Gray, Permann et Davies et, dans une autre direction, à Richards et à ses collaborateurs, ont largement contribué à faire adopter, en ce qui concerne les poids atomiques de l'azote et de l'argent, les conclusions que nous avions formulées, dès 1905, à la suite des premiers travaux exécutés à Genève dans la double direction indiquée plus haut.

II. — Plan général de travail et résultats généraux.

Il résulte de l'exposé qui précède que notre travail devait se poursuivre dans deux voies assez distinctes, l'une concernant les recherches par les méthodes physico-chimiques, l'autre par les méthodes purement chimiques. Je vais indiquer rapidement les principales étapes dans ces deux directions, en résumant non seulement les travaux entrepris pour trancher la question relative à l'azote, mais encore ceux exécutés depuis concernant d'autres éléments.

A. — *Travaux physico-chimiques.*

Les travaux d'ordre physico-chimique se subdivisent eux-mêmes en deux groupes, les uns de nature théorique, les autres de nature exclusivement expérimentale.

Travaux théoriques. — Pour en faire comprendre la portée, il est nécessaire de rappeler que si l'on dé-

signe par $R = 22^{l},410$ le volume occupé à 0°, et sous 1 atmosphère normale (c'est-à-dire sous la pression de 1 atmosphère mesurée au niveau de la mer et sous la latitude de 45°) par une molécule-gramme d'un gaz *parfait*[1], le poids moléculaire exact d'un gaz *réel*, dont on connaît le poids du litre normal L, et qui ne suit pas rigoureusement les lois des gaz parfaits (lois de Mariotte, de Gay-Lussac et d'Avogadro), est donné par l'expression :

$$M = \frac{RL}{1 + \lambda} \qquad (1)$$

Dans cette relation la quantité λ, toujours beaucoup plus petite que l'unité, représente la fraction de molécule-gramme contenue, en plus ou en moins que l'unité, dans le volume de $22^{l},410$ à 0° et sous 1 atm.; cette quantité λ, qui mesure expérimentalement l'*écart à la loi d'Avogadro*, est négative avec les gaz H_2 et He, et positive avec tous les autres gaz.

Lorsqu'on a déterminé par la relation fondamentale qui précède les poids moléculaires exacts d'un certain nombre de gaz dans le système $O_2 = 32$, il est aisé d'en déduire les poids atomiques des éléments qui constituent ces gaz, simples ou composés.

Théoriquement parlant, on connaissait, en 1900, deux méthodes pour calculer l'écart à la loi d'Avogadro ; la méthode *des volumes moléculaires*, développée par Leduc (1897-1898), et celle *des densités-limites*, dont le principe avait été indiqué par Ray-

[1] On a proposé successivement pour R, rapporté au système $O_2 = 32$, les nombres 22,406 (Leduc), 22,410 (Guye et Friderich), 22.412 (D. Berthelot); j'avais adopté en 1905 cette dernière valeur. Mais le nombre 22.410 me paraît aujourd'hui plus exact (*J. Ch. phys.*, t. VI, p. 817 (1908).

leigh (1892), mais qui avait été vérifiée et étudiée par D. Berthelot (1898).

En nous appuyant sur une relation qui se déduit facilement de l'équation de van der Waals, et d'après laquelle on a :

$$1 + \lambda = (1 + a)(1 - b)$$

a et b étant les constantes de l'équation d'état, nous avons d'abord établi deux nouveaux modes de calcul de l'écart à la loi d'Avogadro : la méthode de *réduction des éléments critiques* et celle des *densités correspondantes ;* peu après, Jaquerod et Perrot comparaient les densités de quelques gaz à la température de la fusion de l'or, à 1067°, c'est-à-dire à une température où l'écart à la loi d'Avogadro peut être considéré comme négligeable, et confirmaient ainsi, pour ces gaz, les valeurs des rapports corrigés déterminés à 0° (*méthode des hautes températures*). Plus récemment enfin, trois autres procédés de calcul du terme $(1 + \lambda)$ ont encore été indiquées au cours de nos travaux ; deux sont dus à Baume.

Sur ces huit méthodes différentes servant au calcul du dénominateur $(1 + \lambda)$, il n'y en a guère que trois pour lesquelles on possède aujourd'hui des données expérimentales assez nombreuses pour les vérifier convenablement (volumes moléculaires, densités-limites, réduction des éléments critiques). En général on retrouve, par ces trois méthodes, les mêmes valeurs de $(1 + \lambda)$:

à $\pm$ 1/10 000 près, avec les gaz permanents à 0° ($t_c < 0°$)
à $\pm$ 2/10 000 près, avec les gaz liquéfiables à 0° ($t_c > 0°$) [1].

De ces derniers résultats, et de ceux trouvés par

[1] Ce résultat n'est atteint qu'avec les gaz dont les températures critiques ne sont pas trop élevées.

Ramsay et Steele, qui ont opéré, à 126°, sur les vapeurs de liquides volatils, on peut conclure que les procédés de calcul du terme λ peuvent être encore améliorés, notamment pour les gaz liquéfiables et les vapeurs des liquides volatils[1]. Le problème n'est donc, à l'heure actuelle, que partiellement résolu; mais en ce qui concerne les gaz azotés simples N_2 NO, N_2O, NH_3, la précision laisse très peu à désirer.

Partie expérimentale. — Dans ce domaine, nous nous étions donné comme tâche : 1° de contrôler les densités de plusieurs gaz (et notamment des gaz azotés) dans les cas, principalement, où les mesures antérieures manquaient de concordance ; 2° de fixer quelques valeurs des constantes (coefficients de compressibilité, constantes critiques) permettant de calculer plus exactement la correction λ.

Mesures de densité. — Deux méthodes ont été employées : 1° la *méthode du volumètre*, mise en œuvre de deux façons, *par dégagement*, ainsi que l'avait fait Morley pour déterminer la densité de l'hydrogène, et *par condensation en arrière*, disposition nouvelle qui a donné de très bons résultats ; 2° la *méthode des ballons*, selon les indications classiques de Regnault, Morley, Leduc, Rayleigh (réduction des pesées au vide, correction de contraction, etc.), mais avec les modifications suivantes : *a*) réduction de la capacité des ballons (généralement comprise entre 400 et 800 cc.), *b*) remplissage simultané de deux ou même de trois ballons de capacités différentes.

[1] Toute cette question a été longuement résumée dans une « Revue » d'ensemble [*J. Ch. phys.*, t. VI, p. 769 (1908)], à laquelle on pourra se référer.

Quelle que soit la méthode employée, nous avons toujours apporté beaucoup de soin à la préparation ou à la purification du gaz ; la quantité de gaz brut préparée était au moins 15 à 20 fois plus grande que celle utilisée pour les mesures ; les réactions chimiques génératrices ont été variées autant que possible ; pour le gaz NO, par exemple, trois méthodes chimiques différentes ont été utilisées, et le gaz a toujours été purifié

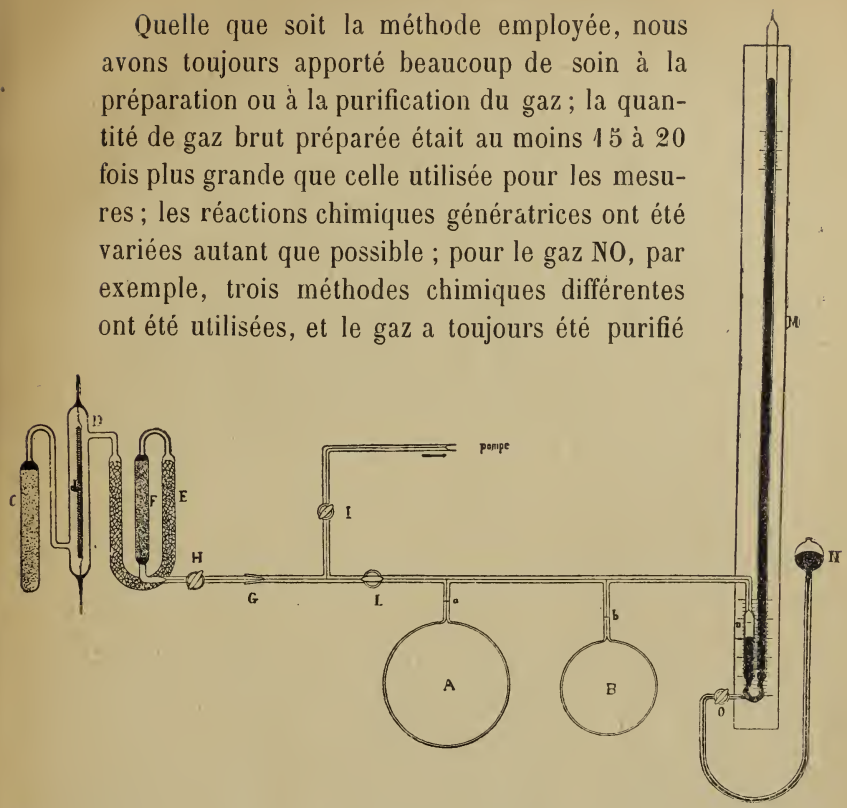

Fig. 1. Méthode du volumètre, par dégagement : détermination de la densité du mélange gazeux ($N_2 + 3\ H_2$). (Guye et Pintza).

par liquéfaction et distillation fractionnée. Les appareils sont construits complètement en verre soudé, de façon à assurer une étanchéité aussi parfaite que possible. Enfin, dans le calcul des résultats, il a toujours été tenu compte de l'écart à la loi de Mariotte, pour calculer la densité à la pression de 760 mm., lorsque la mesure était effectuée sous une pression un peu différente (H = 730 mm. en moyenne à Genève).

La fig. 1 représente un volumètre monté pour une

mesure par dégagement; la fig. 2, un volumètre monté pour une mesure par condensation en arrière; la capacité totale des deux ballons du volumètre est de 3 $^1/_2$ litres environ. Dans le premier cas (fig. 1), la perte de poids de l'appareil à dégagement CDFE donne le poids de gaz, remplissant le volumètre (dont les ballons A et B sont maintenus à 0°), la pression du gaz étant mesurée au manomètre à mercure M. Dans le second cas (fig. 2), le gaz NH_3, à étudier, a été dégagé des appareils D en chauffant un mélange de $NH_4Cl+CaO$, le gaz étant ensuite soigneusement desséché à travers le système EF; le volumètre étant rempli de gaz

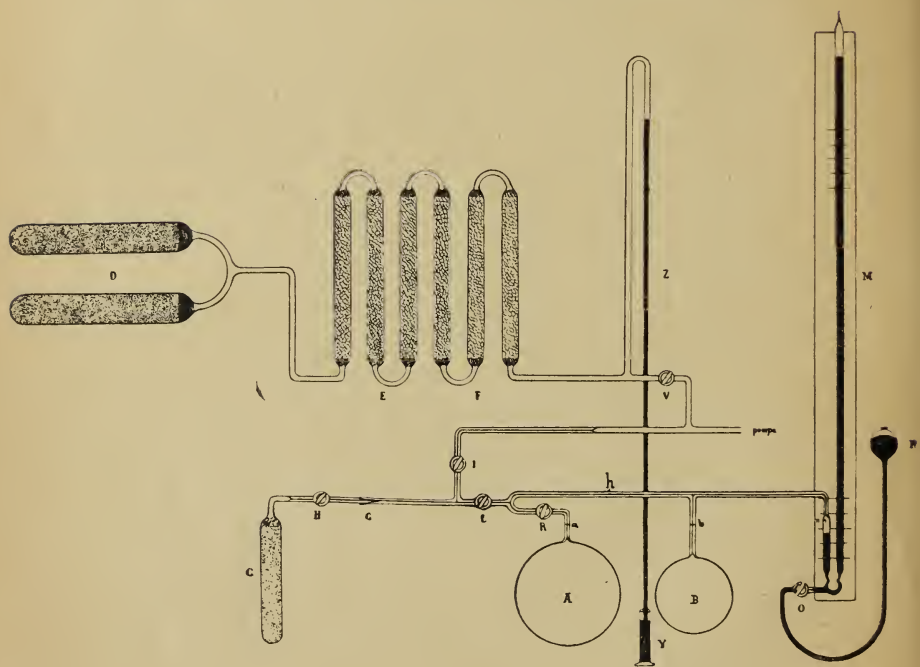

Fig. 2. Méthode du volumètre, avec condensation en arrière : détermination de la densité du gaz ammoniac (Guye et Pintza).

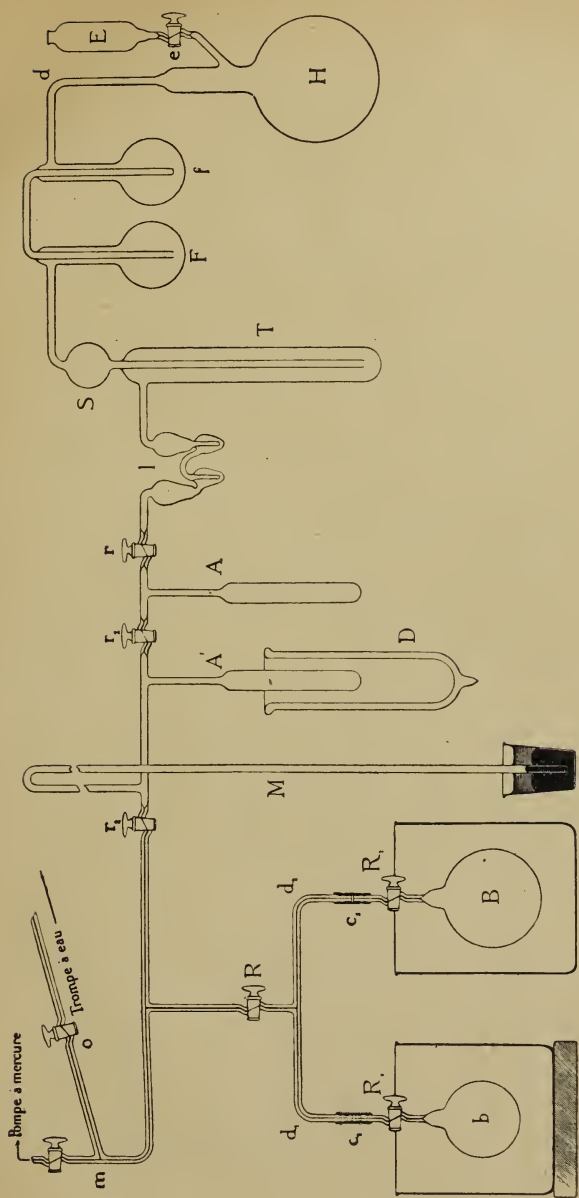

Fig. 3. Méthode des ballons : détermination de la densité du bioxyde d'azote (Guye et Davila).

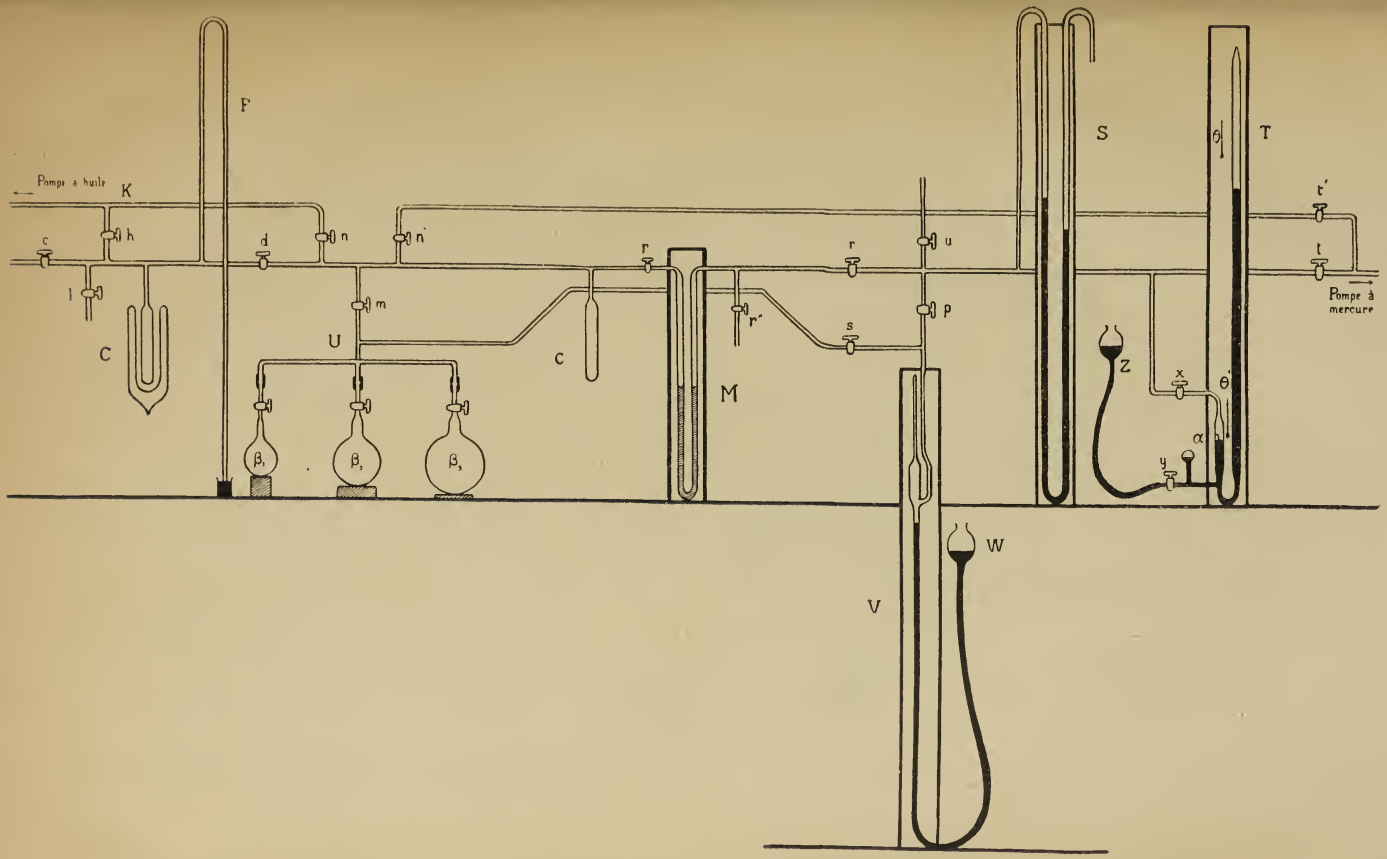

Fig. 4. Méthode des ballons : détermination de la densité du gaz hydrogène sulfuré (Baume et Perrot).

à 0°, et sous la pression lue au manomètre M, on absorbe le gaz dans un tube à charbon C, refroidi à — 80° environ ; l'augmentation de poids de ce tube donne le poids de gaz occupant à 0° et sous une pression connue le volume du volumètre [1].

La fig. 3 représente un appareil, construit entièrement en verre soudé, monté pour une mesure de densité par la méthode des ballons ; on y voit, à droite, le ballon générateur de gaz et les barboteurs pour purification ; puis, en A et A′ les ampoules où se fait la distillation fractionnée du gaz liquéfié ; enfin en B et b les ballons à densité. Dans cet appareil, les ballons sont remplis à la pression atmosphérique mesurée au baromètre. Dans la fig. 4, les trois ballons sont remplis à la pression indiquée par le manomètre T, précédé d'un manomètre compensateur à huile M, destiné à préserver le mercure du manomètre T de l'attaque par le gaz étudié (H_2S dans le cas particulier).

Comme appareils auxiliaires, employés au cours de ces mesures, il y a lieu d'indiquer ici : l'appareil servant à la détermination préalable de la contraction des ballons par le vide (fig. 5 [2]) et construit sur les indications de Travers, ainsi qu'un vacuum-mètre simplifié (fig. 6), employé récemment pour la mesure de la pression résiduelle dans les ballons (Baume, Perrot).

[1] Nous laissons de côté le détail des diverses précautions ou corrections que comportent ces diverses méthodes ; on les trouvera complètement exposées : *Mém. Soc. Phys. Genève, (loc. cit.)*

[2] Nous avons aussi récemment employé dans ce but la méthode consistant à peser le ballon à peu près plein d'eau, immergé dans l'eau ; le vide étant fait au-dessus de l'eau, dans le ballon, celui-ci se contracte ; la diminution du volume est donnée par l'augmentation de poids du ballon pesé dans l'eau.

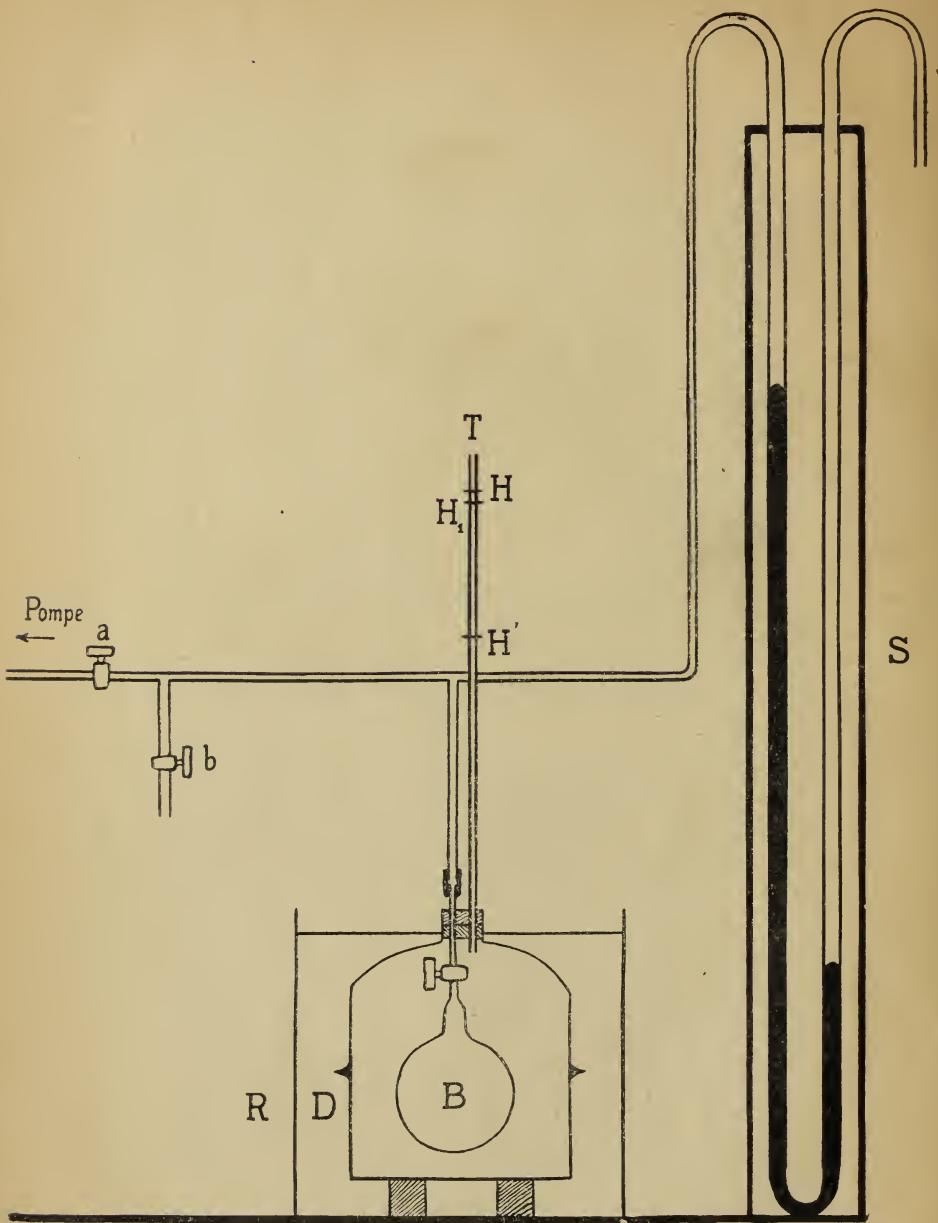

Fig. 5. Appareil pour déterminer la contraction des ballons par le vide : la variation du volume du ballon est mesurée par le déplacement d'une colonne d'eau H'H dans un tube de section connue.

Lorsqu'on a acquis un peu d'expérience, et que l'on dispose de ballons calibrés, il faut compter un à deux mois de travail pour déterminer la densité d'un

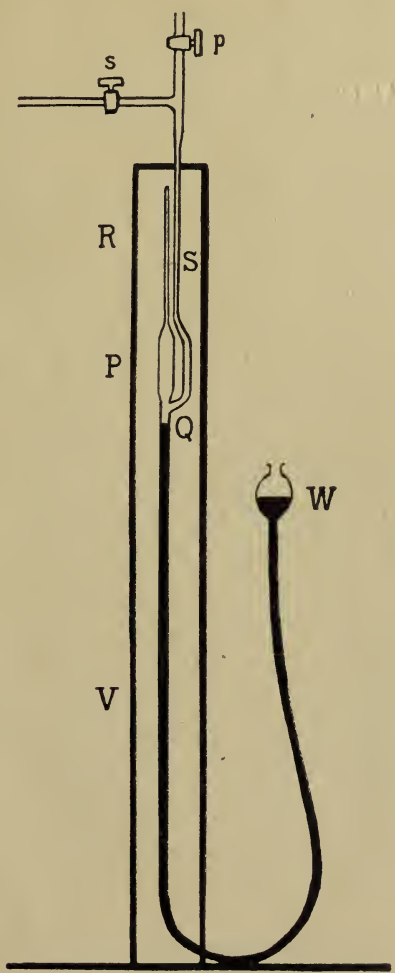

Fig. 6. Vacuum-mètre simplifié (Baume). On voit cet appareil en place sur la fig. 4, en VW.

gaz dont la préparation chimique n'est pas trop compliquée. Tous nos résultats représentent des moyennes de 3 à 5 déterminations généralement, par la méthode du volumètre ; de 5 à 15 par la méthode des ballons. Ils sont transcrits au tableau I.

TABLEAU I

Poids du litre normal de divers gaz, déterminés à Genève.

Gaz	L	Obs.	Gaz	L	Obs.
O_2...	1.4292[1]	J.Pi.	HCl	1.6398	G.Ga
CO_2..	1.9768	G.Pi.	CH_3Cl	2.3045	B.
N_2O .	1.9777	G.Pi.	$(CH_3)_2O$	2.1096	B.
NH_3 .	0.7708	G.Pi.	H_2S	1.5392	B.Pe.
NO. .	1.3402	G.D.	CH_4	0.7168	B.Pe.
SO_2..	2.9266	J.P.	C_2H_6	1.3567	B.Pe.
SO_2..	2.9266	B.	(N_2+3H_2)	0.37989	G.Pi.

Les densités contrôlées dans d'autres laboratoires concordent généralement à $^1/_{10\,000}$ près avec celles déterminées à Genève[2]. Exemples : SO_2 : 2.9266 (Leduc) ; CO_2 : 1.9769 (Rayleigh) ; N_2O : 1.9777 (Rayleigh) ; NO : 1.34026 (Gray) ; NH_3 : 0.77085 (Perman et Davies).

Mesures de constantes critiques. — Le calcul de l'écart λ à la loi d'Avogadro peut se faire à partir des constantes critiques. Dans ce but, un certain nombre de constantes critiques ont été revisées sur des gaz de même pureté, et presque toujours de même provenance, que ceux utilisés pour les mesures de densités. Voici les résultats de ces déterminations (Jaquerod, Briner, Cardoso, Baume) :

[1] Cette mesure n'était qu'une mesure de contrôle préalable. Elle conduit cependant à une valeur très voisine du nombre 1.4290, considéré aujourd'hui comme le plus exact.

[2] Sur ces comparaisons, voir *J. Ch. phys.*, t. V, p. 203 (1907).

TABLEAU II

Constantes critiques déterminées à Genève[1].

Gaz	t_c	p_c	Obs.
NH_3....	132.3	109.6	J.
SO_2.....	157.2	78.0	Br.
PH_3....	51.3	64.5	Br.
HCl....	51.8	83.6	Br.
$(CH_3)_2O$.	127.1	53.0	Br.C.
CH_3Cl...	143.2	65.9	B.

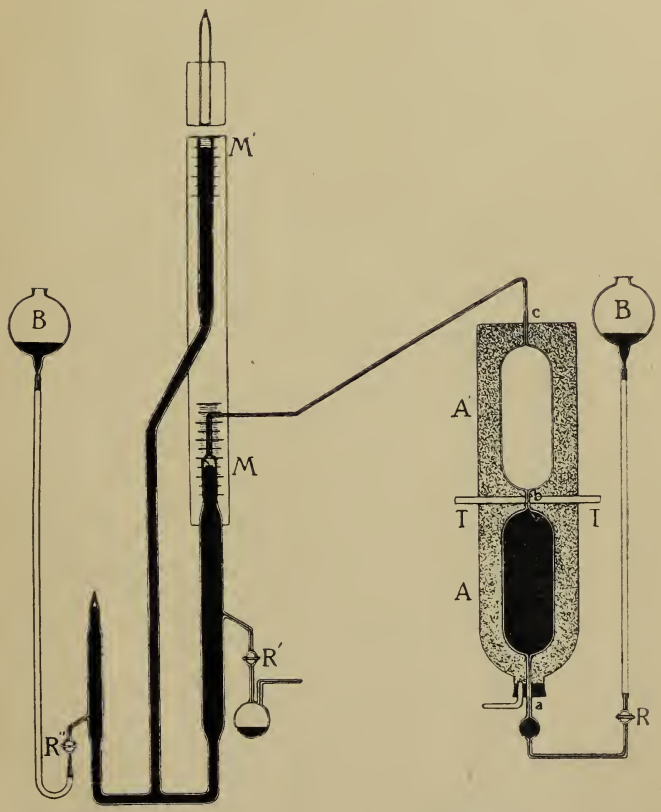

Fig. 7. Détermination du coefficient de compressibilité des gaz à 0° (Jaquerod et Scheuer).

[1] Briner. *Mém. Soc. Phys. Genève,* t. XXXV, p. 681 (1908).

Mesures de compressibilités. — En vue du calcul de λ, les compressibilités de quelques gaz ont été révisées en opérant de nouveau sur des gaz de même pureté ou de même provenance que ceux employés pour les mesures de densités. L'appareil employé par Jaquerod et Scheuer[1] (fig. 7) pour ces déterminations leur permettait d'opérer exactement à 0°, condition qui n'avait été remplie, au cours des travaux modernes, que par les mesures de P. Chappuis au Bureau international des Poids et Mesures, sur les gaz H_2, N_2, CO_2. On a reconnu depuis que cette condition est indispensable, si l'on veut déterminer λ avec une exactitude suffisante.

Les résultats de ces mesures sont transcrits au Tableau III ; A représente l'écart moyen de compressibilité par centimètre de mercure ; *a*, l'écart, par atmosphère, extrapolé entre 0 et 1 atmosphère.

TABLEAU III

Compressibilités à 0°, mesurées à Genève.

Gaz	Intervalle de pression	A	*a*
H_2.....	400-800 mm	— 0.0000069	— 0.00052
He[2]....	400-800	— 0.0000079	— 0.00060
O_2	400-800	+ 0.0000127	+ 0.00097
NO	400-800	+ 0.0000154	+ 0.00117
NH_3....	400-800	+ 0.0002008	+ 0.01521
»	200-400	+ 0.0001997	
SO_2	400-800	+ 0.0003137	+ 0.02379
»	200-400	+ 0.0003105	

La compressibilité a été encore déterminée, par voie

[1] Jaquerod et Scheuer. *Mém. Soc. Phys. Genève,* t. XXXV, p. 659 (1908).

[2] Les résultats relatifs à l'hélium ne sont qu'approchés.

indirecte, à partir des densités mesurées pour quelques gaz sous pression réduite. On a trouvé ainsi (Jaquerod Pintza, Baume) :

Gaz	a	Obs.
SO_2.....	+ 0.02381	J.P., B.
$(CH_3)_2O$.	+ 0.02656	B.
CH_3Cl...	+ 0.02215	B.

On remarquera la concordance réalisée pour le gaz SO_2 étudié par les deux méthodes.

Valeurs physico-chimiques de quelques poids atomiques. — Les travaux qui précèdent conduisent à un certain nombre de valeurs physico-chimiques de poids atomiques. Les résultats les plus importants concernent les gaz azotés ; en voici le résumé, tel qu'il a été publié en 1905 et 1906 [1].

TABLEAU IV

Poids atomique de l'azote déduit des rapports de densités gazeuses, corrigés de l'écart à la loi d'Avogadro.

Rapports utilisés [2]	Poids atomique N
$N_2 : O_2$	14.009
$N_2 : CO$	14.006
$N_2O : O_2$	14.006
$N_2O : CO_2$	14.007
$NO : O_2$	14.008
$NH_3 : O_2$	14.012
Moyenne	14.008

[1] Conférence Soc. chimique Paris, 1905 et *Ber. d. D. chem. Gesellsch. Berlin,* t. XXXIX, p. 147 (1906).

[2] Les deux premiers rapports $N_2 : O_2$ et $N_2 : CO$ sont calculés au moyen des données expérimentales de Morley, Rayleigh, Leduc et Sacerdote. — Dans ce tableau, on n'a pas tenu compte des valeurs de $(1 + \lambda)$ fournies par la méthode des densités-limites, dans le cas des gaz liquéfiables avec lesquels on est certainement conduit ainsi à des valeurs trop faibles. Voir *Comptes Rendus* (1907).

La moyenne confirme ainsi la valeur arrondie N = 14,01 admise aujourd'hui.

Avec d'autres gaz, les résultats obtenus jusqu'à présent à partir des densités ne sont que partiels. En voici le résumé sommaire :

Poids atomique du soufre : A partir de SO_2 on a : S = 32.024 (densités-limites), S = 31.954 (réduction des éléments critiques, (Jaquerod et Bogdan, Jaquerod et Scheuer, Briner, Baume). A partir de H_2S : S = 32.07 (réduction des éléments critiques, Baume et Perrot). Cette dernière valeur concorde avec celle trouvée gravimétriquement à Harward.

Poids atomique du carbone : A partir de CH_4 on a obtenu C = 12,003 à C = 12.005, par les trois méthodes des volumes moléculaires, des densités-limites et de réduction des éléments critiques (Baume et Perrot). A partir de la densité du gaz CO_2, on déduit C = 12.002 (Guye et Pintza). Les déterminations antérieures (Rayleigh, Leduc), à partir du gaz CO donnent la même valeur. D'autres recherches sont actuellement en cours d'exécution (Stahrfoss).

Poids atomique du chlore : A partir de HCl on a trouvé : Cl = 35.461 (réduction des élements critiques, Guye et Gazarian).

Poids atomique du phosphore : Des recherches sont actuellement en cours d'exécution pour le contrôle du poids atomique du phosphore par la détermination de la densité du gaz hydrogène phosphoré PH_3 (Ter Gazarian). On sait que ce poids atomique ne repose que sur des données très incertaines [1].

Tous les résultats précédents devront être discutés à

[1] Depuis la rédaction de cette conférence, une première série de résultats très concordants a été obtenue. Il en résulte que le

nouveau et rapprochés de ceux obtenus dans d'autres laboratoires, lorsque d'autres mesures seront venues les compléter.

B. — *Travaux chimiques.*

Ainsi qu'on l'a précédemment indiqué, la revision du poids atomique de l'azote par des méthodes purement chimiques, constituait la seconde partie de notre plan de travail. On ne pouvait espérer obtenir des résultats plus exacts que ceux de Stas qu'à la condition de choisir une méthode aussi directe que possible. Les déterminations, faites à Genève, de la densité du gaz N_2O, concordant exactement avec celles faites à Londres par Rayleigh sur le même gaz, rectifié par distillation fractionnée, nous fit admettre que ce gaz pouvait être obtenu assez pur pour se prêter à une détermination de rapport atomique. Son analyse fut donc entreprise, et de façon totale : une analyse gravimétrique donna le rapport N_2O : O (Guye et Bogdan) ; une analyse volumétrique, combinée avec la connaissance des densités des gaz, le rapport N_2O : N_2 (Jaquerod et Bogdan) ; enfin, des deux analyses, on déduit la composition centésimale du gaz N_2O et le rapport N_2 : O.

Ces travaux ayant été déjà plus d'une fois résumés, nous nous bornons à reproduire ici les fig. 8 et 9 des appareils employés.

Peu après, nos résultats étaient confirmés par Gray[1],

poids atomique du phosphore, auquel le Comité international attribue la valeur P = 31.0, dans son rapport pour 1909, doit être abaissé au moins à P = 30.91. Si ce résultat se confirme, ce serait donc une nouvelle erreur de 1/310 sur un poids atomique usuel, révélée encore par les méthodes physico-chimiques.

[1] R.-W. Gray. *Proc. Chem. Soc.*, t. XXI, p. 156 (1905) ; *J. Chem. Soc.*, t. LXXXVII, p. 1601 ; *Thèse*, Bonn, 1907.

qui avait effectué de son côté l'analyse gravimétrique complète du gaz NO par une méthode présentant une grande analogie avec celle que nous avions suivie pour l'analyse gravimétrique du gaz N_2O.

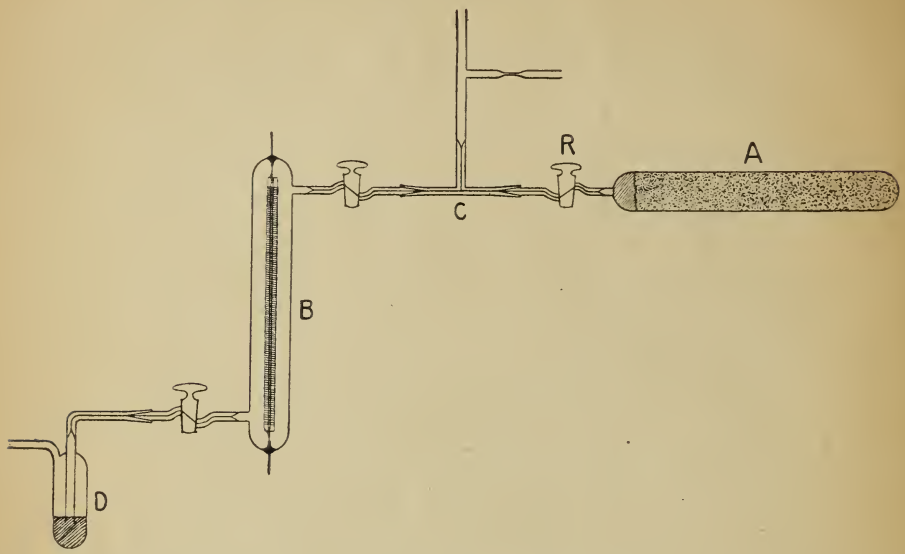

Fig. 8. Analyse gravimétrique du protoxyde d'azote : ce gaz, pesé dans le tube à charbon A, est décomposé dans le tube pesé B. au contact d'une spirale de fer portée électriquement à l'incandescence (Guye et Bogdan).

L'ensemble de ces résultats est consigné au tableau V.

Tableau V

Détermination chimique du poids atomique de l'azote.

Analyse du gaz N_2O (Genève)			Analyse du gaz NO (Bonn)	
Rapports		N	Rapports	N (Gray)
N_2O : O	(gravimétrique)	14.007 (G.B.)	NO : O (gravimétrique)	14.011
N_2O : N_2	(volumétrique)	14.015 (J.B.)	NO : N »	14.009
N_2 : O	(combiné)	14.010 (G.J.B.)	N : O »	14.009
	Moyenne	14.0107	Moyenne	14.0097

Moyenne des six rapports : 14.010 [1].

[1] On sait que dans son Rapport pour 1909, le Comité international adopte la valeur exacte N = 14.007 (arrondie en 14.01).

Nos résultats relatifs à l'analyse du gaz N_2O étaient la confirmation des valeurs physico-chimiques du poids atomique de l'azote déduites des densités des gaz N_2,

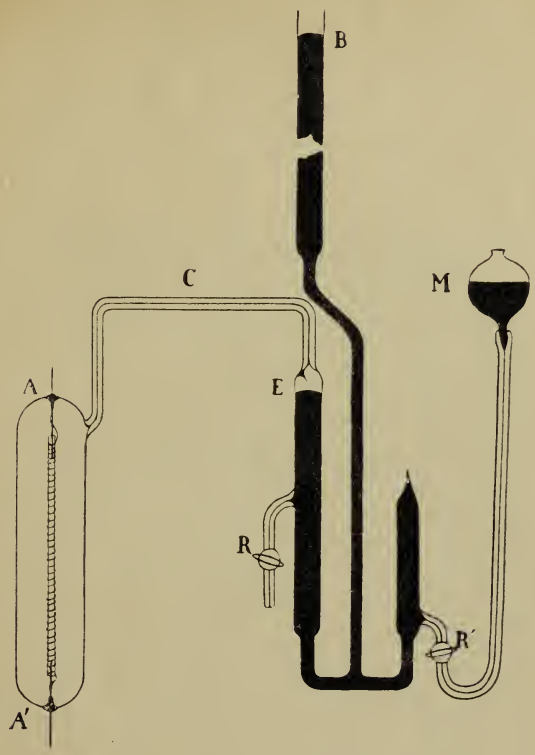

Fig. 9. Analyse volumétrique du protoxyde d'azote : un volume de gaz N_2O, mesuré à 0° et sous la pression lue au manomètre E B, est décomposé par la spirale de fer A A' portée électriquement à l'incandescence (Jaquerod et Pintza).

Bien qu'à première vue nous puissions nous féliciter de ce choix, qui est la confirmation de nos premières déterminations (G. B.), nous croyons qu'il eût été préférable d'adopter la moyenne générale 14.010 résultant de toutes les déterminations des rapports chimiques directs entre N et O.

NO, N_2O et NH_3. Aussi, dès 1905, considérions-nous le poids atomique de l'azote comme un des mieux reliés à celui de l'oxygène, ce qui nous permit de signaler pour la première fois[1] que le poids atomique de l'argent Ag = 107.93, considéré jusqu'alors comme un poids atomique étalon, devait être abaissé à Ag = 107.88, ou au moins à Ag = 107.89. Peu après nous indiquions (Guye et Gazarian) la cause d'erreur probable des anciennes déterminations : présence d'une trace de chlorure KCl dans le chlorate $KClO_3$ cristallisé, d'où l'on avait déduit un des principaux rapports (KCl : O_3) servant à relier entre eux les poids atomiques de l'argent et de l'oxygène. On sait que le Comité international vient d'admettre la valeur (Ag = 107.88).

Depuis cette époque, d'autres déterminations atomiques, basées, comme les précédentes, sur l'analyse de composés gazeux, ont été entreprises à Genève. Nous pouvons mentionner, comme ayant déjà donné des résultats à l'heure actuelle, l'analyse volumétrique du gaz NH_3 (Guye et Pintza), qui confirme la valeur N = 14.01, mais toutefois dans des limites de précision comprises seulement entre 14.00 et 14.02, et l'analyse totale du chlorure de nitrosyle (Guye et Fluss).

Les résultats de cette dernière analyse ne sont cependant que provisoires ; voici d'abord ce que la méthode a de nouveau : l'expérience consiste à décomposer un poids connu de chlorure de nitrosyle NOCl en le dirigeant successivement sur de l'argent chauffé

[1] Confér. Soc. chimique, 1905, *loc. cit.*, p. XXXVII. Cf. aussi *J. Ch. Phys.*, t. IV, p. 181 (1906).

(qui fixe le chlore), sur du cuivre chauffé (qui fixe l'oxygène) et sur du calcium chauffé (qui fixe l'azote). L'appareil est représenté par la fig. 10, où l'on voit successivement, de gauche à droite, le tube à NOCl, le tube à Ag, le tube à Cu et le tube à Ca. Une condition essentielle du succès de ces déterminations repose sur l'emploi des métaux à l'état très divisé, notamment pour l'argent. On remarquera enfin que tous les tubes étant pesés vides d'air et tout l'ap-

Fig. 10. Détermination du poids atomique du chlore par l'analyse du chlorure de nitrosyle (Guye et Fluss).

pareil étant étanche, l'analyse du corps NOCl se fait entièrement à l'intérieur de l'appareil.

Nous avons déduit de 5 mesures préliminaires les valeurs suivantes du poids atomique du chlore, obtenues à partir de deux rapports indépendants : Cl : O et Cl : (N + O), en posant N = 14.01.

Rapports	Poids atomique du chlore	Moyenne
Cl : O	35.470 - 35.472 - 35.464 - 35.468 - 35.466	35.468
Cl : (N + O)	35.480 - 35.471 - 35.465 - 35.467 - 35.472	35.471

Les rapports directs (Cl : O) fournis par les trois dernières expériences, qui nous paraissent les plus sûres, donnent Cl = 35.466, valeur à laquelle nous accordons provisoirement la préférence ; de nouvelles mesures sont en cours d'exécution.

On a vu que le poids atomique du chlore avait été contrôlé une première fois par la mesure de la densité du gaz HCl [1] ; il y aura lieu de reprendre aussi la détermination de la densité du chlore. Dans ce but, il était intéressant de vérifier si le chlore est susceptible de donner un polymère qui serait au chlore ce que l'ozone est à l'oxygène. Le fait a été affirmé plus d'une fois et méritait par conséquent une nouvelle étude. En opérant dans des appareils entièrement en verre, avec du chlore parfaitement sec, purifié par distillation fractionnée, l'effluve électrique ne donne lieu à aucune polymérisation appréciable du chlore (Briner et Durand [2]) ; le gaz chlore répond donc bien à la formule Cl_2.

[1] M. Deutsch a aussi élaboré une méthode pour l'analyse du gaz HCl, par décomposition d'un poids pesé de HCl par l'argent chauffé; une mesure lui a donné Cl = 35.46 (Deutsch, Thèse, Genève, 1905).

[2] Briner et Durand. *J. Ch. phys.*, t. VII, p. 17 (1909) et *Z f. Elektroch.*, t. XIV, p. 706, 748 et 788 (1908).

III. Technique expérimentale.

Il convient pour terminer de donner quelques détails sur la technique de laboratoire, un peu spéciale, que comportent les travaux que nous venons de résumer[1]. Les éléments les plus importants sont les suivants :

Robinetterie rodée. — Le bon robinet de verre, rodé, tenant le vide, est livré actuellement de façon courante par l'industrie[2] ; on peut d'ailleurs en améliorer ou corriger facilement le rodage, au moyen de poudres d'émeri très fines.

Le lubréfiage du robinet et de toutes les parties rodées, se fait généralement avec une composition à base de caoutchouc[3] qui doit satisfaire aux trois conditions suivantes : ne pas être attaquée par le gaz avec lequel elle est en contact ; ne présenter à la température des expériences qu'une tension de vapeur nulle ou négligeable ; être entièrement soluble dans un dissolvant volatil (alcool, éther, etc.). Cette dernière condition est essentielle pour effectuer avec exactitude la pesée d'appareils terminés par des raccords rodés.

Raccords rodés. — Les diverses parties des appareils qui doivent être démontées — notamment pour les

[1] On consultera avec fruit sur ce sujet l'excellent manuel : M. W. Travers, *Exper. Unters. von Gasen*, Braunschweig, 1905.

[2] Nous avons employé très fréquemment la robinetterie de la maison Geissler, à Bonn am Rh.

[3] La composition recommandée par Travers est : 16 p. caoutchouc, 8 p. vaseline, 1 p. paraffine.

On peut la faire varier dans de larges limites. Pour le gaz NOCl, la matière lubréfiante a été préparée en dirigeant un courant de chlore sec dans un mélange de stéarine et de paraffine fondue et en chauffant ensuite le produit pendant quelque temps dans le vide.

pesées — se terminent par des raccords rodés ; nous avons utilisé deux formes : *a*) le raccord conique (fig. 11), *b*) le raccord plat (fig. 12).

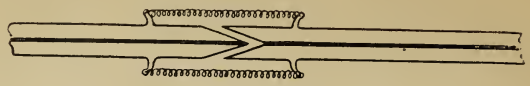

Fig. 11. Raccord conique, avec deux ressorts de laiton.

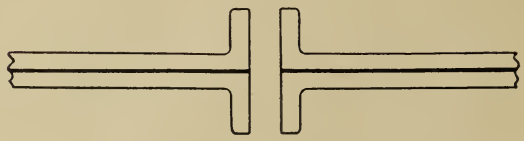

Fig. 12. Raccord plat.

Avec le premier, l'étanchéité est assurée par de petits ressorts en laiton ; avec le second par des pinces avec vis de serrage.

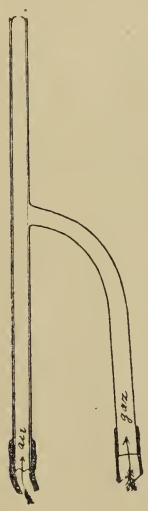

Fig. 13.

Chalumeau à main. — Lorsqu'on travaille avec des gaz purs, on doit éviter systématiquement de raccorder les diverses partise d'un appareil fixe par des tubes de caoutchouc. Dans ce but, ces diverses parties sont soudées en place, bout à bout, au moyen du chalumeau à main. Un modèle très bon marché, que l'on peut établir facilement dans tous les laboratoires, est représenté par la fig. 13 ; un autre modèle, en usage au laboratoire du professeur Ramsay, et livré par les constructeurs anglais, est représenté par la fig. 14[1].

[1] D'autres modèles, un peu plus coûteux et très commodes aussi sont livrés par l'industrie.

Pesée des gaz. — Se fait de plusieurs manières :

a) dans les ballons à densité avec les précautions que comporte ce genre de déterminations ;

b) dans de petites ampoules de verre, munies d'un bon robinet, dans lesquelles les gaz facilement liquéfiables tels que SO_2, NOCl, peuvent être pesés ; la pression intérieure atteint 2 à 3 atm. Les robinets doivent être munis d'une pince de serrage. Pour assurer la sortie régulière du gaz, le robinet est précédé d'un étranglement capillaire de très petite section.

Fig. 14.

c) dans des ampoules munies de robinets et contenant du charbon (de préférence de noix de coco), en utilisant la propriété que possèdent plusieurs gaz de se condenser plus ou moins abondamment dans le charbon, et de s'en dégager sous l'action d'une élévation de température ; nous avons pesé ainsi, à Genève, les gaz NH_3, N_2O, HCl ;

d) dans une petite bombe en acier d'un poids inférieur à 500 gr., selon la méthode très ingénieuse proposée par Dixon et Edgar[1] ; un de ces appareils actuellement en construction sera prochainement mis en expérience.

Purification physique des gaz. — Après avoir éliminé autant que possible, par des réactifs appropriés, les impuretés inévitables qui accompagnent presque

[1] Dixon et Edgar, *Phil. Trans. Roy. Soc.* A. t. 209, p. 6 (1908).

toujours un gaz formé dans une réaction chimique donnée, la purification physique du gaz peut se faire de deux manières :

a) *Par distillation fractionnée :* L'appareil le plus simple comprend au moins deux ampoules verticales A et B (fig. 15), montées sur un tube horizontal *mn*. Le gaz

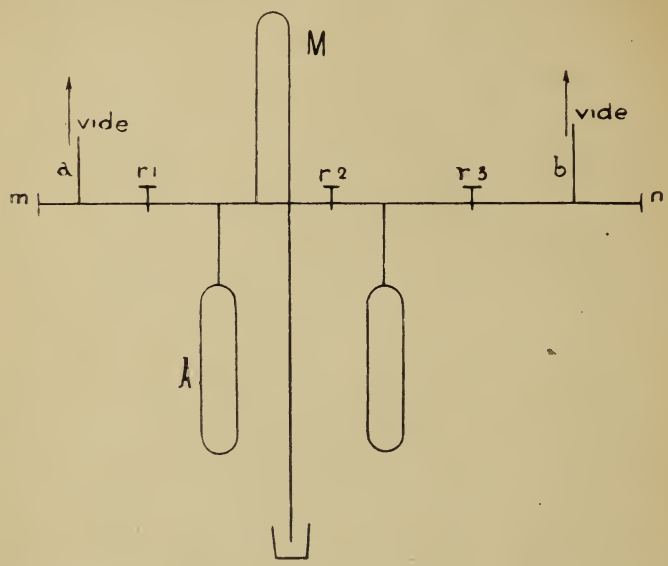

Fig. 15. Appareil pour la distillation fractionnée des gaz liquéfiés.

à purifier étant liquéfié en A, on entraîne d'abord par *a* les parties les plus volatiles ; fermant ensuite le robinet r_1 et ouvrant r_2, on fait passer la plus grande partie du produit dans l'ampoule B en portant celle-ci à une température basse (on l'immerge, à cet effet, dans un gaz liquéfié, placé dans un cylindre, à double paroi, du système Dewar) ; on suit la marche de la distillation au manomètre à mercure M ; avant qu'elle ne soit terminée, on ferme r_2 et ouvre de nouveau r_1

pour entraîner les produits les moins volatils par *a*; le *cœur* du produit se trouve ainsi en B. Répétant sur celui-ci la même opération — au moyen des robinets r_2 et r_3 et de la prise de vide *b*, — on fait passer en A une partie encore mieux rectifiée, et ainsi de suite. En *m* se trouve, par exemple, un raccord plat, permettant ensuite de faire passer le gaz pur dans l'appareil ou il doit être utilisé ou pesé; l'extrémité *n* avait été précédemment reliée aux appareils générateurs de gaz brut, soit par un raccord plat ou, ce qui est mieux encore, par soudure des tubes de verre.

b) *Par cristallisation ou congélation fractionnée :* L'appareil le plus simple comprend deux ampoules A et B, reliées entre elles comme l'indique la fig. 16. Le

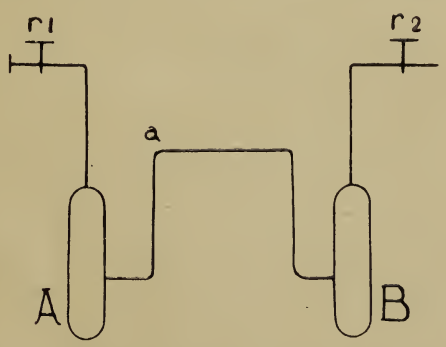

Fig. 16. Appareil pour la cristallisation fractionnée des gaz liquéfiés.

gaz liquéfié, étant rassemblé par exemple en A, est congelé en majeure partie par refroidissement; la portion restée liquide, la moins pure, est alors transvasée dans l'ampoule B en inclinant convenablement tout l'appareil. Puis, fermant le robinet r_1 et ouvrant r_2, on

chauffe modérément (à la chaleur de la main) l'ampoule B ; la partie restée liquide est ainsi très rapidement éliminée ; la même opération peut être répétée plusieurs fois. A la fin, le gaz pur est transvasé dans l'appareil où il doit être utilisé, ou conservé dans l'ampoule A ; dans ce cas, on le refroidit à très basse température (pour que la tension de vapeur soit négligeable) et l'on ferme en *a* d'un coup de chalumeau.

Matériel auxiliaire. — Les principaux appareils auxiliaires employés ont été les suivants :

a) *Règles graduées sur verre* divisées en cm. et mm. (on apprécie facilement, avec un peu d'habitude, le $^1/_{10}$ de mm.) pour la construction des manomètres exacts à mercure[1].

b) *Pompe de Tœpler, pour faire le vide* ; les plus simples sont les meilleures. Le corps principal coûte une vingtaine de francs pour une bonne grandeur courante ; on le monte ensuite au laboratoire sur tubes de verre soudés.

Plus récemment, et pour gagner du temps, nous avons fait usage d'une pompe rotative à huile, construction Siemens-Schuckert, avec laquelle on atteint facilement un vide inférieur à 1 mm. de mercure.

c) *Manchons de chauffage électrique* que l'on construit au laboratoire ; on leur fait épouser la forme des appareils à chauffer. Ce mode de chauffage est celui qui doit être préféré toutes les fois que les appareils doivent être pesés.

Si nous nous sommes arrêté quelques instants sur

[1] Ces règles sont fournies, dans d'excellentes conditions d'exactitude, et à des prix très abordables, par la Société genevoise de construction des instruments de physique.

ces détails de notre technique expérimentale, c'est pour montrer que, si elle est un peu spéciale, elle est néanmoins à la portée de tous les laboratoires. Ainsi qu'on aura pu le constater, elle emprunte à la chimie physique expérimentale des moyens d'exécution entièrement nouveaux, en ce qui concerne leur application à la détermination des poids atomiques. Ces moyens permettent d'arriver aux résultats cherchés beaucoup plus directement, et souvent avec plus de précision que ne le font les anciens procédés classiques. C'est ce qu'a reconnu le Comité international des Poids atomiques dans son rapport pour 1909, et c'est ce qui explique que, dès nos premières déterminations, alors que nous étions des novices dans le sujet, et bien que nos premières mesures soient relativement peu concordantes entre elles, nous ayons trouvé, du premier coup, la valeur du poids atomique de l'azote récemment adoptée par le Comité international (Tableau V, rapport $N_2O : O$)[1]. Tant il est vrai que lorsqu'une série d'expériences ne présente pas d'erreur systématique, la moyenne d'un petit nombre d'observations conduit très vite à une valeur exacte, alors même que les erreurs accidentelles peuvent être assez élevées. Cette constatation est d'autant plus intéressante que la majorité de nos déterminations ont été effectuées par de jeunes savants qui n'avaient pas d'initiation préalable dans ce genre de travail, et que d'autre part, lorsque le contrôle de nos expériences a été effectué dans

[1] Il y a certainement là une forte part de coïncidence fortuite. Comme nous l'avons déjà indiqué, nous pensons que la valeur $N = 14.010$ est plus exacte que $N = 14.007$, nombre admis par le Comité international.

d'autres laboratoires, les résultats ont généralement conduit à des nombres concordant exactement avec les nôtres. Il semble donc que l'on peut avoir confiance dans la méthode de travail que nous avons suivie et que l'on peut bien augurer des applications qui en seront faites dans l'avenir.

J'ai à peine besoin d'ajouter que malgré les simplifications introduites dans nos méthodes, la revision complète des principaux poids atomiques par ces méthodes est une tâche bien au-dessus de celle que peut s'imposer un homme de science, ou même la collectivité scientifique réunie dans un laboratoire. Aussi m'estimerais-je particulièrement heureux, si l'exposé que je viens d'avoir l'honneur de faire pouvait décider quelques jeunes chimistes à aborder ce genre de recherches dans d'autres laboratoires. Les difficultés apparentes ne doivent pas les effrayer; avec la technique expérimentale actuelle, il est très rare qu'une année de travail ne conduise pas à un ou plusieurs résultats d'une valeur définitive; nous en avons fait maintes fois l'expérience. C'est par ce souhait que je terminerai, en vous remerciant encore, Messieurs, du bienveillant intérêt que vous m'avez accordé.

Société générale d'imprimerie, 18, Pélisserie, Genève.

La Bibliothèque Universelle et Revue Suisse (*Partie littéraire*) paraît à LAUSANNE par livraisons mensuelles de 224 pages, et forme chaque année quatre beaux volumes de près de 2700 pages ensemble.

Tout ce qui concerne la *rédaction* doit être adressé *franco* à M. Ed. Rossier, rédacteur en chef, à Lausanne.

Pour *l'administration*, s'adresser à M. A. Vuilliemin, directeur-gérant de la BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE, place de la Louve, à Lausanne.

SOMMAIRE DES MATIÈRES CONTENUES DANS LA LIVRAISON DE JUIN

I. La jeunesse de Benjamin Constant, par *Philippe Godet*.
II. A quoi tiennent les choses..... Nouvelle, par *Benjamin Vallotton*.
III. Le roman de la grande-duchesse Elisabeth Alexievna, par *Maurice Dumoulin*.
IV. Les débuts de la civilisation en Canaan, par *Roger Bornand*.
V. Latins et Germains. Roman, par *G. Aubort*. (Sixième partie.)
VI. Trente-trois ans de règne. Le sultan Abdul-Hamid II, par *Ed. Rossier*.
VII. Variétés : La poésie latine, par *Paul Vallette*. — Antipragmatisme, par *Georges Pellissier*.
VIII. Chronique parisienne.
IX. Chronique anglaise.
X. Chronique russe.
XI. Chronique suisse allemande.
XII. Chronique scientifique.
XIII. Chronique politique.
XIV. Bulletin littéraire et bibliographique.
XV. Table des matières du tome LIV.

JOURNAL DE CHIMIE PHYSIQUE

SOMMAIRE DU N° 4 du tome VII

G. Ter Gazarian. Sur la relation entre les densités orthobares des homologues.

H. Golblum. Contribution à l'étude de l'affinité chimique. Systèmes réversibles.

Bulletin bibliographique.

REVUE GENERALE DES SCIENCES (20e Année)

SOMMAIRE DU N° 9. — Bernard Brunhes. L'évolution des dépressions barométriques et les règles de prévision du temps de M. Guilbert. — G. Tammann. Les recherches métallographiques effectuées à l'Institut de chimie minérale de Göttingen. — J. Révil. Revue annuelle de géologie.

SOMMAIRE DU N° 10. — A. Cotton. La publication des œuvres de Pierre Curie. — H. Marchand. Les récentes expériences sur le traitement électrothermique des minerais de fer. — J. Révil. Revue annuelle de géologie, 2e partie.

3 0112 072845222

JUIN 1909

Pages

Travaux récents exécutés à Genève sur la revision des poids atomiques, par *Philippe-A. Guye* 557

Les états magnétiques sont-ils des phases distinctes? par *Pierre Weiss* 593

Quelques observations sur la géologie de la Sierra de Majorque, par *Léon-W. Collet* (avec la planche IV) 598

Société suisse de Physique 616

A. Jaquerod et Tourpaïan. Application du principe d'Archimède à la détermination exacte des densités gazeuses. — P. Weiss et A. Perrier. Sur l'hystérèse alternative et tournante à diverses températures et leurs rapports avec la théorie du champ moléculaire. — C.-E. Guye et V. Freedericksz. Le frottement intérieur des solides aux basses températures. — A. Gockel. Sur la radiation pénétrante. — J. de Kowalski. Sur les potentiels explosifs. — L. de la Rive et C.-E. Guye. Orientation dans une agglomération de petits aimants. — H. Zickendraht. Sur la décharge électrique et l'arc voltaïque dans la vapeur de sodium 616

Compte rendu des séances de la Société vaudoise des sciences naturelles a Lausanne 623

Séance du 20 janvier 1909. — J. Amann. Les eaux minérales d'Henniez-les-Bains. — Frédéric Jaccard. La coloration de la mer 623

Séance du 3 février. — Bührer. Etude sur l'influence de l'insolation sur la température des deux versants d'une vallée. — Perriraz. Différences spécifiques entre les blés consommés en Suisse. — F.-A. Forel. Tremblement de terre de Messine. — P.-L. Mercanton. Principes de ballons dirigeables 625

Séance du 17 février. — Ch. Linder. Origine des espèces, de Darwin. — Arthur Maillefer. Variation de l'induction géotropique. — Dr Botkine. Campagne scientifique au lac Baïkal 628

BULLETIN SCIENTIFIQUE

Physique. — *G.-A. Blanc.* Sur la présence du thorium dans les roches 632

G.-A. Blanc. L'action thermique et l'action ionisante du thorium contenu dans les roches 633

V. Bjerknes. Les champs de force 633

H. Mache et *E.O. Schweidler.* L'électricité de l'atmosphère 634

O. Arendt. La télégraphie sans fil 635

J.-J. Thomson. Matière et éther 635

Chimie. — *St. von Kostanecki* et *J. Tambor.* Sur l'oxy-2-stilbène ... 636

Observations météorologiques pendant le mois de mai 1909 636

Table du Tome XXVII 645

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'IMPRIMERIE, 18 PÉLISSERIE, GENÈVE